

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-242260

(43)公開日 平成8年(1996)9月17日

(51)Int.Cl. ⁹	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 L 27/22			H 0 4 L 27/22	D
H 0 4 B 1/16			H 0 4 B 1/16	R
			H 0 4 L 27/22	Z

審査請求 未請求 請求項の数21 O L (全 21 頁)

(21)出願番号 特願平7-42648

(22)出願日 平成7年(1995)3月2日

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(71)出願人 392026693

エヌ・ティ・ティ移動通信網株式会社

東京都港区虎ノ門二丁目10番1号

(71)出願人 000001122

国際電気株式会社

東京都中野区東中野三丁目14番20号

(72)発明者 中越 新

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74)代理人 弁理士 蔭田 利幸

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 周波数オフセットキャンセル回路

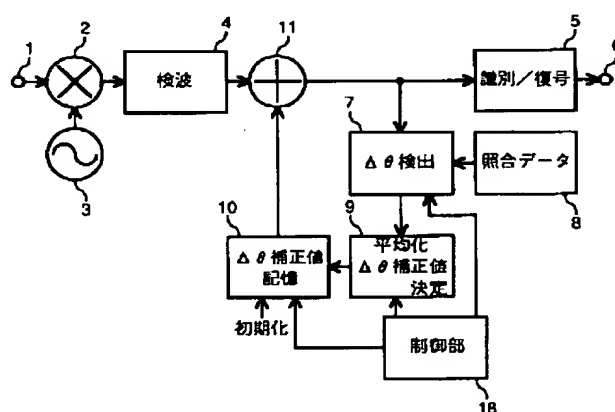
(57)【要約】

【目的】位相検波出力に対する位相シフト量の補正で等価的に周波数オフセットキャンセルを行う方式に対し、識別誤りに伴う周波数オフセットキャンセルへの誤り伝搬を防止し、正しい周波数オフセットキャンセルを実行する。

【構成】受信信号を局部発振器3のローカル信号を用いてミキサ2で周波数変換する。周波数変換後の受信信号を検波4する。照合データ8に対応する受信タイミングで位相検波出力 θ と照合データ8として記憶した θ_0 を用いて $\Delta\theta$ 検出7を実施する。複数回 $\Delta\theta$ を求めて平均化して $\Delta\theta$ 補正值を決定9し、記憶10する。確定した $\Delta\theta$ 補正值を位相検波出力に加算11することで以降は $\Delta\theta$ キャンセル即ち周波数オフセットキャンセルが実行される。補正後の位相検波出力に対して識別/復号5してデータを再生して出力端子6に出力する。

【効果】周波数オフセットキャンセル能力を高める。デジタル化による集積化、装置の小型化ができる。

図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 デジタルデータを角度変調した信号を位相検波する検波器と、上記検波器の出力の周波数オフセットを除いた信号を識別し上記デジタルデータを復号する識別／復号器をもつ無線受信機の周波数オフセットキャンセル回路であって、上記デジタルデータの中の確定された特定のデータに対する位相情報を前もって参照データとして保持する第 1 の記憶手段と、上記検波器の出力と上記参照データとの位相差を検出する位相差検出部と、上記位相差を複数データに渡って平均化して位相補正值を決定する補正值決定部と、上記位相補正值を記憶する第 2 の記憶手段と、上記第 2 の記憶手段に記憶された位相補正值を用いて上記検波器の出力の位相補正を行う位相補正部を持つことを特徴とする周波数オフセットキャンセル回路。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の周波数オフセットキャンセル回路において、上記デジタルデータの中の確定された特定のデータが、オフセットキャンセルのために付加されたトレーニング信号であることを特徴とする周波数オフセットキャンセル回路。

【請求項 3】 請求項 2 に記載の周波数オフセットキャンセル回路において、上記デジタルデータが複数のフレームに時間的に分割された信号であり、各受信フレームの各先頭部で上記第 2 の記憶手段の記憶内容をゼロに初期化し、上記トレーニング信号に対応する位相検波出力から上記位相補正值を決定して上記第 2 の記憶手段に記憶し、上記位相補正部が当該フレーム内で上記トレーニング信号以後に受信した位相検波出力に対する位相補正を行うように上記第 2 の記憶手段、上記補正值決定部及び上記位相補正部を駆動する制御部を設けたことを特徴とする周波数オフセットキャンセル回路。

【請求項 4】 請求項 2 に記載の周波数オフセットキャンセル回路において、上記デジタルデータが複数のフレームに時間的に分割された信号であり、受信フレームのトレーニング信号直前に上記第 2 の記憶手段の記憶内容をゼロに初期化し、上記トレーニング信号に対応する位相検波出力から上記位相補正值を決定して上記第 2 の記憶手段に記憶し、上記位相補正部が当該フレーム内で上記トレーニング信号以後に受信した位相検波出力に対する位相補正を実行するとともに上記第 2 の記憶手段の記憶内容を次フレームまで維持し、次フレームで上記トレーニング信号直前で上記第 2 の記憶手段の記憶内容をゼロに初期化するまで、受信した位相検波出力に対する位相補正部を実行するように上記第 2 の記憶手段、上記補正值決定部及び上記位相補正部を駆動する制御部を設けたことを特徴とする周波数オフセットキャンセル回路。

【請求項 5】 請求項 2 に記載の周波数オフセットキャンセル回路において、上記デジタルデータが複数のフレームに時間的に分割された信号であり、予め設定した周期で上記第 2 の記憶手段の記憶内容をゼロに初期化し、

上記第 2 の記憶手段の記憶内容をゼロに初期化したフレーム内の上記トレーニング信号に対応する位相検波出力から上記位相補正值を決定して上記第 2 の記憶手段に記憶し、当該フレーム内の上記トレーニング信号以後から上記第 2 の記憶手段の記憶内容を次にゼロに初期化するまで、受信した位相検波出力に対する位相補正を実行するように上記第 2 の記憶手段、上記補正值決定部及び上記位相補正部を駆動する制御部を設けたことを特徴とする周波数オフセットキャンセル回路。

10 【請求項 6】 請求項 2 に記載の周波数オフセットキャンセル回路において、上記デジタルデータが複数のフレームに時間的に分割された信号であり、予め設定した周期で上記第 2 の記憶手段の記憶内容をゼロに初期化し、上記第 2 の記憶手段の記憶内容をゼロに初期化したフレーム内の上記トレーニング信号に対応する位相検波出力から上記位相補正值を決定して上記第 2 の記憶手段に記憶し、当該フレーム内の上記トレーニング信号以後に受信した位相検波出力に対する位相補正を実行するとともに
20 上記第 2 の記憶手段の記憶内容を次フレームまで維持し、次フレーム以後は上記第 2 の記憶手段の記憶内容による位相補正を実施した後の位相検波出力に対してフレーム内の上記トレーニング信号に対応する位相検波出力から位相補正值を決定して上記第 2 の記憶手段の記憶内容を微調するように上記第 2 の記憶手段、上記補正值決定部及び上記位相補正部を駆動する制御部を設けたことを特徴とする周波数オフセットキャンセル回路。

【請求項 7】 請求項 1 に記載の周波数オフセットキャンセル回路において、上記デジタルデータの中の確定された特定のデータがタイミング抽出用プリアンプル信号の少なくとも一部であることを特徴とする周波数オフセットキャンセル回路。

【請求項 8】 請求項 7 に記載の周波数オフセットキャンセル回路において、上記デジタルデータが先頭部に上記プリアンプル信号をもつ複数のフレームが時間的に分割された信号であり、上記複数のフレームの各先頭部で上記第 2 の記憶手段の記憶内容をゼロに初期化し、上記プリアンプル信号に対応する位相検波出力から上記位相補正值を決定して上記第 2 の記憶手段に記憶し、当該フレーム内で上記プリアンプル信号以後に受信した位相検波出力に対する位相補正を実行するように上記第 2 の記憶手段、上記補正值決定部及び位相補正部を駆動する制御部を設けたことを特徴とする周波数オフセットキャンセル回路。

【請求項 9】 請求項 7 に記載の周波数オフセットキャンセル回路において、上記デジタルデータが先頭部に上記プリアンプル信号をもつ複数のフレームが時間的に分割された信号であり、予め設定した周期で上記第 2 の記憶手段の記憶内容をゼロに初期化し、上記第 2 の記憶手段の記憶内容をゼロに初期化したフレーム内の上記プリアンプル信号に対応する位相検波出力から上記位相補正
50

3

値を決定して上記第 2 の記憶手段に記憶し、当該フレーム内の上記プリアンプル信号以後から上記第 2 の記憶手段の記憶内容を次にゼロに初期化するまで、受信した位相検波出力に対する位相補正を実行するように上記第 2 の記憶手段、上記補正值決定部及び上記位相補正部を駆動する制御部を設けたことを特徴とする周波数オフセットキャンセル回路。

【請求項 1 0】請求項 7 に記載の周波数オフセットキャンセル回路において、上記デジタルデータが先頭部に上記プリアンプル信号をもつ複数のフレームが時間的に分割された信号であり、予め設定した周期で上記第 2 の記憶手段の記憶内容をゼロに初期化し、上記第 2 の記憶手段の記憶内容をゼロに初期化したフレーム内の上記プリアンプル信号に対応する位相検波出力から上記位相補正值を決定して上記第 2 の記憶手段に記憶し、当該フレーム内の上記プリアンプル信号以後に受信した位相検波出力に対する位相補正を実行するとともに上記第 2 の記憶手段の記憶内容を次フレームまで維持し、次フレーム以後は上記第 2 の記憶手段の記憶内容による位相補正を実施した後の位相検波出力に対してフレーム内の上記プリアンプル信号に対応する位相検波出力から位相補正值を決定して上記第 2 の記憶手段の記憶内容を微調するように上記第 2 の記憶手段、上記補正值決定部及び上記位相補正部を駆動する制御部を設けたことを特徴とする周波数オフセットキャンセル回路。

【請求項 1 1】デジタルデータを角度変調した信号を位相検波する検波器と、上記検波器の出力の周波数オフセットを除いた信号を識別し上記デジタルデータを復号する識別／復号器をもつ無線受信機の周波数オフセットキャンセル回路であって、上記デジタルデータがフレーム同期用ユニークワード信号をもち、上記ユニークワード信号の少なくとも一部に対応する位相検波出力を参照データとして記憶する第 1 の記憶手段と、上記ユニークワード信号タイミングの前後に余裕を与えて受信信号から得た位相検波出力を記憶し上記ユニークワードによるフレーム同期確立によって判明するユニークワード信号タイミングに応じて読出し位置を指定する第 3 の記憶手段と、上記第 3 の記憶手段に記憶した位相検波出力と上記照合データとの位相差を検出する位相差検出部と、上記位相差を複数データに渡って平均化して位相補正值を決定する補正值決定部と、上記位相補正值を記憶する第 2 の記憶手段と、上記第 2 の記憶手段に記憶された位相補正值を用いて上記検波器の出力の位相補正を行う位相補正部とを持つことを特徴とする周波数オフセットキャンセル回路。

【請求項 1 2】請求項 1 1 に記載の周波数オフセットキャンセル回路において、受信フレームの各先頭部で上記第 2 の記憶手段の記憶内容をゼロに初期化し、上記ユニークワード信号に対応する位相検波出力から上記位相補正值を決定して上記第 2 の記憶手段に記憶し、当該フレ

4

ーム内で上記ユニークワード信号以後に受信した位相検波出力に対する位相補正を実行するように上記第 2 の記憶手段、上記補正值決定部及び上記位相補正部を駆動する制御部を設けたことを特徴とする周波数オフセットキャンセル回路。

【請求項 1 3】デジタルデータを角度変調した信号を位相検波する検波器と、上記検波器の出力の周波数オフセットを除いた信号を識別し上記デジタルデータを復号する識別／復号器をもつ無線受信機の周波数オフセットキャンセル回路であって、上記デジタルデータがフレーム同期用ユニークワード信号をもつ複数のフレームに時間的に分割した信号であり、上記ユニークワード信号の少なくとも一部に対応する位相検波出力を照合データとして記憶する第 1 の記憶手段と、フレーム同期確立後のフレームに対して上記ユニークワード信号が受信されるタイミングを予測し、予測したタイミングで当該フレームの位相検波出力と上記照合データとの位相差を検出する位相差検出手段と、上記位相差を複数データに渡って求めて平均化して平均値に基づく位相補正值を決定する補正值決定部と、当該スロットでのフレーム同期確立タイミングから上記予測したタイミングで上記ユニークワード信号が受信されたか否かによって上記位相補正值の利用を決定する判定部と、上記判定部による判定結果に応じて上記補正值を記憶する第 2 の記憶手段と、上記第 2 の記憶手段の位相補正值を用いて位相検波出力の位相補正を実行する位相補正部をもつことを特徴とする周波数オフセットキャンセル回路。

【請求項 1 4】請求項 1 1 又は 1 3 に記載の周波数オフセットキャンセル回路において、予め設定した周期で上記第 2 の記憶手段の記憶内容をゼロに初期化し、上記第 2 の記憶手段の記憶内容をゼロに初期化後のフレーム同期確立後のフレームで上記位相補正值の決定を実行して上記第 2 の記憶手段に記憶し、当該フレーム内で上記ユニークワード信号以後に受信した位相検波出力に対する位相補正を実行するとともに、その後のフレームで上記位相補正值が再決定されるか上記第 2 の記憶手段が初期化されるまで上記第 2 の記憶手段に記憶した内容を保持するように上記第 2 の記憶手段、上記補正值決定部及び上記位相補正部を駆動する制御部を設けたことを特徴とする周波数オフセットキャンセル回路。

【請求項 1 5】請求項 1 4 に記載の周波数オフセットキャンセル回路に関し、上記補正部が上記第 2 の記憶手段への記憶内容確定後のフレームにおいて上記ユニークワード信号を含む位相検波出力に対する上記位相補正を実行し、上記補正值決定部が上記位相補正後の上記ユニークワード信号を用いて上記位相補正值決定を実行し、当該フレームで求めた位相補正值によって上記第 2 の記憶手段の記憶内容を微調することを特徴とする周波数オフセットキャンセル回路。

【請求項 1 6】デジタルデータを角度変調した信号を

位相検波する検波器と、上記検波器の出力の周波数オフセットを除いた信号を識別し上記デジタルデータを復号する識別／復号器をもつ無線受信機の周波数オフセットキャンセル回路であって、上記デジタルデータが複数のフレームに時間的に分割した信号であり、かつ各フレーム内の通信データに誤り検出符号が付加した信号であり、通信データの少なくとも一部に対応する位相検波出力が正しく受信できたと仮定して正規の識別点からの位相差を検出する位相差検出部と、上記位相差を複数データに渡って求めて平均化を実行して平均値に基づく位相補正值を決定する補正值決定部と、当該スロットでの誤り検出結果から識別誤りがなかったことが確認できた時に上記位相補正值の利用を決定する判定部と、上記判定部による判定結果に応じて上記位相補正值を記憶する第 2 の記憶手段と、次フレームで上記第 2 の記憶手段に記憶した上記位相補正值を用いて上記検波器の出力の位相補正を実行する位相補正部をもつことを特徴とする周波数オフセットキャンセル回路。

【請求項 1 7】請求項 1 6 に記載の周波数オフセットキャンセル回路において、上記第 2 の記憶手段への記憶内容確定後のフレームにおいて位相検波出力に対する上記位相補正を実行し、位相補正後の通信データを用いて上記位相補正值決定を実行し、当該フレームで求めた位相補正值によって上記第 2 の記憶手段の記憶内容を微調し、次フレームでの位相補正值を決定するように上記第 2 の記憶手段、上記位相補正部、及び上記補正值決定部を駆動する制御部を設けたことを特徴とする周波数オフセットキャンセル回路。

【請求項 1 8】デジタルデータを角度変調した信号を位相検波する検波器と、上記検波器の出力の周波数オフセットを除いた信号を識別し上記デジタルデータを復号する識別／復号器をもつ無線受信機の周波数オフセットキャンセル回路であって、上記デジタルデータが複数のフレームに時間的に分割した信号であり、かつ各フレームがタイミング抽出用プリアンプル信号とフレーム同期用ユニークワード信号とをもち、請求項 7 に記載の周波数オフセットキャンセル回路と請求項 1 1 に記載の周波数オフセットキャンセル回路とを併用することを特徴とする周波数オフセットキャンセル回路。

【請求項 1 9】請求項 1 8 に記載の周波数オフセットキャンセル回路において、上記プリアンプル信号を用いた第 1 の照合データとユニークワード信号を用いた第 2 の照合データを第 1 の記憶手段に記憶し、上記プリアンプル信号と上記ユニークワード信号のいずれを用いるかに応じて照合データを選択する選択手段と、受信信号から得た位相検波出力と上記第 1 又は第 2 照合データとの位

$$f_0 = f_1 - f_2 \quad \text{但し } f_1 > f_0 \text{ の場合}$$

【0004】現実には、受信周波数 f_1 やローカル周波数 f_0 には偏差（固定的あるいは時間的）が発生する。

【0005】この偏差によって周波数変換後の受信信号

相差を検出する手段と、上記プリアンプル信号と上記ユニークワード信号による照合データ数に応じて複数データに渡って求めて平均化を実行して平均値に基づく位相補正值を決定する補正值決定部を設けたことを特徴とする周波数オフセットキャンセル回路。

【請求項 2 0】請求項 2、請求項 7、請求項 1 1 又は請求項 1 6 のいずれかに記載の周波数オフセットキャンセル回路に、位相補正後の位相検波出力が正しく受信できたと仮定して正規の識別点からの位相差を検出する他の検出手段と、上記位相差を複数データに渡って求めて平均化を実行して平均値に基づく位相補正值を決定する第 2 の補正值決定部と、上記第 2 の補正值決定部による判定結果に応じて上記位相補正值を記憶する第 5 の記憶手段と、当該フレームで上記第 5 の記憶手段に記憶した上記位相補正值を用いて上記位相補正後の位相検波出力に再度位相補正を実行する第 2 の位相補正部とを設けたことを特徴とする周波数オフセットキャンセル回路。

【請求項 2 1】デジタルデータを角度変調した信号を位相検波する検波器と、上記検波器の出力の位相を補正する請求項 1 ないし 2 0 のいずれかに記載した周波数オフセットキャンセル回路と、周波数オフセットを除いた信号を識別し上記デジタルデータを復号する識別／復号器をもつことを特徴とする無線受信機。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は無線受信機に使用される周波数オフセットキャンセル回路、更に詳しくいえば、角度変調されたデジタルデータを受信機内部のキャリア周波数と受信周波数の偏差に伴う周波数変換してデータを識別及び復号する無線受信機のオフセットキャンセル部の構成に関する。

【0002】

【従来の技術】複数キャリアの中から受信すべき周波数帯の角度変調信号を選択して受信する無線受信機では、通常は複数回の周波数変換と周波数帯域制限を行う。この種の無線受信機は、図 2 に示すように、受信信号を入力端子 1 から入力し、局部発振器 3 のローカル信号を用いてミキサ 2 で周波数変換を行う。周波数変換された信号を位相検波器 4 で検波した後、識別／復号器 5 でデータを再生して出力端子 6 に出力する。中心周波数 f_1 の受信信号に対して、式 (1) の関係があるローカル周波数 f_0 の信号をミキサ 2 に入力して周波数 f_2 の信号に周波数変換する。

【0003】

【数 1】

(1)

の周波数 f_2' は周波数 f_2 に周波数オフセット Δf が加わり式 (2) のようになる。

【0006】

【数2】

$$f' = f + \Delta f$$

【0007】検波及び識別の方式に依存するが、上記周波数オフセット Δf は受信性能に影響を与え、極端な場合は受信不能となる。そこで、周波数オフセット Δf を除く周波数オフセットキャンセル回路が用いられる。既に多くの周波数オフセットキャンセル回路が採用されている。

【0008】4相位相遷移変調（以下、QPSKと称する）方式を用いた無線システムにおけるオフセットキャン

$$\theta(t) = \theta_0(t) + \Delta\theta(t)$$

【0010】正しく θ_0 が識別できれば検波出力から識別結果を引くことで $\Delta\theta$ が求められる。図3において、検波出力から本来有るべき最も近い識別点との差分を求めて $\Delta\theta$ 検出7を行う。雑音等による変動成分を抑圧するために複数回 $\Delta\theta$ を求めた後、補正值決定部9で $\Delta\theta$ 補正值を求める。求めた $\Delta\theta$ 補正值に相当する Δf を求めて周波数制御部12で局部発振器3の周波数オフセットが無くなるようにする無線受信機がある。

【0011】また他のオフセットキャンセル回路をもった従来の受信機の構成例を図5に示す。この受信機は検波出力の周波数オフセット Δf に伴う位相 $\Delta\theta$ の補正を行うものである。図3の方法と同様に、 $\Delta\theta$ 検出、平均化及び $\Delta\theta$ 補正值決定を行い、 $\Delta\theta$ 補正值を記憶手段1

$$\theta(t) = \theta_0(t) + \Delta\theta(t) + N(t)$$

【0014】式（4）から明らかなように、瞬時出力を用いると雑音 N による位相誤差が生じる。雑音 $N(t)$ が正規分布ならば平均値は0であり、複数の検波出力について平均化を行うことにより正確な位相シフト $\Delta\theta$ が求められる。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】以上の従来の無線受信機の説明では、 θ_0 が正しく識別できたと仮定しているため、図3に示した無線受信機では周波数オフセット Δf が、図5に示した無線受信機では位相シフト $\Delta\theta$ が補正できる。しかし、雑音 $N(t)$ が大きくなると θ_0 が正確に識別できるとは限らない。式（4）の検波出力において識別誤り、すなわち θ_0 を誤った場合の位相シフト $\Delta\theta$ の補正を以下に検討する。図4の第1象限に着目し、正規分布する雑音 N が加わったときの位相シフト Δ

$$P_a(\Delta\theta) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma} e^{-\frac{\Delta\theta^2}{2\sigma^2}}$$

【0018】ここで σ は雑音 N による $\Delta\theta$ の標準偏差を表す。また、図6（b）に示した $\Delta\theta$ の確率密度関数は式（6）で表される。

(2)

ンセル回路をもった従来の受信機の構成例を図3に、位相検波出力の識別点でのコンスタレーションを図4に示す。本来あるべき位相検波出力 θ_0 に対して周波数オフセット Δf に相当する位相シフト $\Delta\theta$ が加わり、式（3）に示す位相検波出力 $\theta(t)$ が得られる。

【0009】

【数3】

(3)

0に記憶し、その $\Delta\theta$ 補正值を検波出力に加算器11で加算した後に識別／復号部5でデータを再生する。この受信機は検波出力を用いているので比較的信号周波数が低く、周波数変換後の受信信号をデジタル信号に変換してデジタル信号処理による実施が可能である。そこで、検波器内に組み込むことが可能となり、装置の小型化に有効である。この種の技術を記載した文献として、公開特許公報、特開平5-191465号がある。

【0012】実際の受信機には雑音成分を含んでいる。雑音 N を加えた検波出力の位相を式（4）に示す。

【0013】

【数4】

(4)

θ の確率分布を図6に示す。図6（a）は周波数オフセット Δf がない場合であり、 $\Delta\theta = 0$ を中心に雑音 N による広がりを持つ。図6（b）は周波数オフセット Δf を持つ場合であり、周波数オフセット Δf に伴う定常的な位相シフト $\Delta\theta_0$ を中心に雑音 N による広がりを持つ。ここで、周波数オフセット Δf の分布や識別タイミングの偏差はないと仮定した。また、雑音 N による広がり、検波回路で発生する雑音の影響が小さいとすると検波前受信信号の信号対雑音比（以下、 C/N と称する）によって決まる。

【0016】図6（a）に示した $\Delta\theta$ の確率密度関数は式（5）で表される。

【0017】

【数5】

$$P_a(\Delta\theta) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma} e^{-\frac{\Delta\theta^2}{2\sigma^2}} \quad (5)$$

【0019】

【数6】

$$P_b(\Delta\theta) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma} e^{-\frac{(\Delta\theta - \mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (6)$$

【0020】ここで μ は $\Delta\theta$ の平均値を表し、周波数オフセット Δf に対応する位相シフト $\Delta\theta_0$ に相当する。

【0021】 $\Delta\theta$ を n 回測定してその平均を求める。識別誤りがなければ、式(5)、(6)から、次式が導か

$$P(\Delta\theta) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma n} e^{-\frac{(\Delta\theta - \mu n)^2}{2\sigma n^2}} \quad (7)$$

【0023】ここで σn は n 回平均後の標準偏差であり、式(8)となる。

$$\sigma n^2 = \sigma^2 / n$$

【0025】また、 μn は n 回平均後の $\Delta\theta$ の平均値であり、図6aの場合は $\mu n = 0$ 、図6bの場合は $\mu n = \Delta\theta_0$ である。式(7)、(8)からサンプル数 n を大きくすることでより正確に平均値 μn が求められる。

【0026】識別誤りがなければ、以上示した確率 P で周波数オフセット Δf に対応する位相シフト $\Delta\theta_0$ を求めることができる。しかし、図4において本来第1象限にあるべきときに雑音や $\Delta\theta$ によって他の象限に移ってしまうと、識別時にいる象限の識別点を誤って判断することになる。識別点を誤ると、そこを基準に $\Delta\theta$ を求めることになる。言い替えると、図6において検波出力 $|\theta|$ が $\pi/4$ を超えると、当該象限とは別の領域となり識別誤りを生じることに対応する。この場合、 $\Delta\theta$ の測

$$\begin{aligned} \mu_c &= \frac{\int \Delta\theta \cdot P(\Delta\theta) d\Delta\theta}{\int P(\Delta\theta) d\Delta\theta} \\ &\approx \mu_0 - \frac{\pi}{2} \cdot \left[\Phi\left(-\frac{\pi/4 - \mu_0}{\sigma}\right) - \Phi\left(-\frac{\pi/4 + \mu_0}{\sigma}\right) \right] \\ &= \mu_0 - \alpha \frac{\pi}{4} \end{aligned}$$

【0029】ここで、積分区間は $-\pi/4 \sim \pi/4$ であり、 $\mu_0 = \Delta\theta_0$ である。

【0030】また、 $\Phi(x)$ は誤差関数であり、式(1

$$\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-z^2/2} dz \quad (10)$$

【0032】式(9)から、識別誤りがある場合には $\Delta\theta_0$ が正確に求められず、右辺第2項の誤差が常に生じることになる。

【0033】 $\Delta\theta$ を n 回測定した後に平均化して $\Delta\theta$ 補

れる。

【0022】

【数7】

【0024】

【数8】

(8)

定値としては $-\pi/4 \sim \pi/4$ を周期として折り返して重なることになる。隣接する象限への識別誤りを考慮した時の $\Delta\theta$ の測定値の分布を図7(a)、(b)に示す。図7(a)は周波数オフセット Δf が無い場合である。 $\Delta\theta = 0$ を中心として対称であり、平均値 $\mu n = 0$ となる。

【0027】一方、図7(b)に示した周波数オフセット Δf がある場合には、 $\Delta\theta = \Delta\theta_0$ を中心とした対称形にはならない。この場合の $\Delta\theta$ 測定の平均値 μ_c は式(9)となる。

【0028】

【数9】

0)で表される。

【0031】

【数10】

正值を決め、図5の $\Delta\theta$ キャンセルを実行した後の $\Delta\theta$ の確率密度関数を求めると次式となる。

【0034】

【数11】

11

12

$$P_c(\Delta\theta) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma_c} e^{-\frac{(\Delta\theta - \mu_0 + \mu_c)^2}{2\sigma_c^2}}$$

$$= \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma_c} e^{-\frac{(\Delta\theta - \alpha \cdot \pi/4)^2}{2\sigma_c^2}} \quad (11)$$

【0035】ここで、 σ_c は次式で表される。雑音を含む測定値を用いて $\Delta\theta$ キャンセルを実行するために、平均化の母数 n に依存して標準偏差が大きくなる。

$$\sigma_c^2 = \frac{1+n}{n} \sigma^2 \quad (12)$$

【0037】式(11)を用いて $\Delta\theta$ キャンセル後の識別誤り率(すなわちシンボルエラーレート:SER)を求めると次式となる。

$$P_e = \int_{-\infty}^{-\pi/4} P_c(\Delta\theta) d\Delta\theta + \int_{\pi/4}^{\infty} P_c(\Delta\theta) d\Delta\theta$$

$$= \Phi\left(-\frac{1+\alpha}{\sigma_{sc}}\right) + \Phi\left(-\frac{1-\alpha}{\sigma_{sc}}\right) \quad (13)$$

【0039】ここで、
【0040】

$$\sigma_{sc}^2 = \frac{1+n}{n} \sigma_s^2 \quad (14)$$

【0041】であり、 σ_s は C/N から定まる $\Delta\theta$ の標準偏差 σ に対して $\Delta\theta$ を $\pi/4$ で規格化したときの標準偏差を指す。

【0042】雑音 N を含むQPSK方式の変調信号を遅

$$BER = \Phi\left(-\frac{1}{\sigma_N}\right) = \frac{SER}{2} = \frac{1}{2} \Phi\left(-\frac{1}{\sigma_s}\right) \quad (15)$$

【0044】ここで σ_N は雑音 N の規格化した標準偏差を表している。なお、QPSKにおいて、 C/N とBERの関係が遅延検波の場合に次式となることが知られて

$$BER = \Phi\left(-\frac{1}{\sqrt{2} \cdot [C/N]}\right) \quad (16)$$

【0046】周波数オフセット Δf に起因して遅延検波出力に位相シフト $\Delta\theta$ を有する時のBERを検討する。周波数オフセット Δf に対して、図5の $\Delta\theta$ キャンセルを実施した後のBERを $\Delta\theta$ 測定平均回数をパラメータとして求めた結果の一例を図8に示す。周波数オフセットが無いときのBERを設定し、そのときの雑音 N に対応する位相偏差を式(15)から求めて初期状態とした。周波数オフセットがない時に $BER = 10E-2$ 、 $10E-3$ 、 $10E-4$ となる条件を求めた。次に周波

【0036】
【数12】

【0038】
【数13】

【数14】

遅延検波で復調したときのSERとビット誤り率(BER)、雑音 N の関係が次式となることが知られている。

【0043】
【数15】

いる。

【0045】
【数16】

数オフセットを与え、その時のBERを求め、破線で示した。次に $\Delta\theta$ 測定回数 $n=4$ 、 ∞ として $\Delta\theta$ キャンセルを実施した後のBERを求め、実線で示した。

【0047】式(13)及び図8の計算例から、雑音 N に起因する位相偏差の σ_s が大きくなる(すなわち C/N が低くなる)と、周波数オフセットキャンセル能力が低下することがわかる。言い替えると、BERが高い(すなわち σ_s が大きい)と、式(9)から $\Delta\theta$ 測定値とこれによる $\Delta\theta$ 補正値の誤差が大きくなり、結果的に

十分な周波数オフセットキャンセルが実行できなくなることに対応する。さらに式(14)及び図8の計算例から、周波数オフセットキャンセルを施したことによる誤差の増加に伴い、 $\Delta\theta$ 測定平均回数 n に応じて定常的なBERの劣化が生じることも分かる。なお、図3に示した方式でも識別誤りに伴う Δf 検出誤りが帰還される点から同様の現象が生じると容易に予測できる。

【0048】従って、本発明の主な目的は、上記の識別誤りに伴う周波数オフセットキャンセルへの誤り伝達を防止して、正しく周波数オフセットキャンセルを行う周波数オフセットキャンセル回路を実現することである。

【0049】本発明の他の目的は、上記目的を達成すると同時に、無線受信機の周波数変換後のオフセットキャンセル処理をデジタル信号処理回路で実施できるようにすることである。

【0050】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明のオフセットキャンセル回路では、図5のような、検波出力の位相を補正する方式をとり、かつ $\Delta\theta$ 検出部をデジタルデータの中の確定されたデータに対して行う構成とした。デジタルデータの中の確定されたデータとしては既知のデータ及び識別誤りの可能性のあるデータで、後で識別誤りを検出して識別誤りのある

$$P_c(\Delta\theta) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma_c} e^{-\frac{\Delta\theta^2}{2\sigma_c^2}} \quad (17)$$

【0054】ここで、 σ_c は前述の式(12)で表されるものと同じである。

【0055】式(17)を用いて $\Delta\theta$ キャンセル後の識別誤り率(すなわちシンボルエラーレート: SER)を

$$P_e = \int_{-\pi/4}^{\pi/4} P_c(\Delta\theta) d\Delta\theta + \int_{\pi/4}^{\infty} P_c(\Delta\theta) d\Delta\theta + \int_{-\infty}^{-\pi/4} P_c(\Delta\theta) d\Delta\theta$$

$$= \Phi\left(-\frac{1}{\sigma_{sc}}\right) \quad (18)$$

【0057】ここで、 σ_{sc} は前述の式(14)で表されるものと同じである。

【0058】式(18)には周波数オフセット Δf に伴う位相シフト $\Delta\theta$ を含まない。これにより識別誤りを回避することによって Δf の値に関係無くなることが分かる。なお、 $|\Delta\theta| < \pi$ の条件があることは自明である。周波数オフセットキャンセル後のSERが $\Delta\theta$ の測定回数 n に依存することが式(14)から分かる。同時に式(14)から測定回数 n を極めて多くすると周波数オフセット Δf がない場合のSERに一致することも明白である。 $\Delta\theta$ 測定回数 n と周波数オフセットキャンセル後のBERの関係の計算例を図9に示す。

【0059】識別誤りのある場合にも $\Delta\theta$ 検出し、複数

データを除いて正しく識別したデータとがある。

【0051】上記既知のデータとしては、オフセットキャンセルのために送信ディジタルデータに付加されたトレーニング信号、時分割多元接続(TDMA)方式のように複数のフレームを時分割で伝送する場合の各フレームの先頭部に配置されるタイミング抽出用のプリアンプル信号又はフレーム同期用のユニークワードの一部を使用する場合がある。

【0052】

【作用】識別点が既知のデータを用いる場合の例として図4において第1象限に本来の識別点がある時を考える。雑音や周波数オフセットによって識別時に他の象限にあっても予め第1象限に本来の識別点があるはずと分かっているため、正しい位相シフト量 $\Delta\theta$ を求めることができる。図6を用いると $|\Delta\theta| > \pi/4$ であっても $\Delta\theta$ が検出できる。これにより式(9)右辺第2項の誤差成分を排除でき、正しい $\Delta\theta$ が検出できる。 $\Delta\theta$ 検出エラーがなくなると、 $\Delta\theta$ を n 回測定して平均化を行うことで $\Delta\theta 0$ が求められる。 $\Delta\theta$ 補正(又は Δf 補正)後の検波信号の $\Delta\theta$ 確率分布は $\Delta\theta = 0$ を中心とする正規分布となり、次式で表される。

【0053】

【数17】

求めると次式となる。

【0056】

【数18】

回の $\Delta\theta$ 測定時に対して識別誤りがなかったときのデータのみを用いる。すなわち後で識別誤りを検出してデータに対する $\Delta\theta$ 測定値を廃棄して正しく識別したときのみの $\Delta\theta$ 測定値を使用するものでは、識別誤りの検出手段を付加することで識別点が既知ではない場合への対応ができる。識別誤りの検出手段については実施例に述べることとし、ここでは $\Delta\theta$ 検出能力を説明する。識別誤りが生じたときの $\Delta\theta$ 測定値を除くことは図6において $|\Delta\theta| < \pi/4$ となるデータのみを用いることに対応する。これにより、図7に示した識別誤りに伴う $\Delta\theta$ 検出の折り返しがなくなる。但し、 $-\pi/4 \sim \pi/4$ の区間平均を求めるため、既知のデータを用いるものとは異なり $\Delta\theta$ 検出の平均値は $\Delta\theta 0$ とは若干の誤差を持つ。

しかし、図 7 (b) に示した従来方式と比較して、より正確な $\Delta \theta$ 検出が実行できる。

【0060】

【実施例】

<実施例 1> 図 1 は本発明による周波数オフセットキャンセル回路を用いた無線受信機の一実施例の機能ブロック図である。入力端子 1 に入力した受信信号は角度変調されたデジタルデータである。受信信号を局部発振器 3 のローカル信号を用いてミキサ 2 で周波数変換する。周波数変換後の受信信号を検波器 4 で検波する。 $\Delta \theta$ 補正値を加算器 (補正部) 11 で加算することで周波数オフセットキャンセルを実行するが、初期状態では $\Delta \theta$ 補正値の記憶手段 10 は初期化されている。記憶手段 8 の照合データに対応する受信タイミングで位相検波出力 θ と照合データとして記憶した θ_0 を用いて検出部 7 で位相差 $\Delta \theta$ を検出する。平均化、補正値決定部 9 では複数回 $\Delta \theta$ を求め平均化し $\Delta \theta$ 補正値を決定し、記憶手段 10 に $\Delta \theta$ 補正値として記録する。位相補正部 11 で $\Delta \theta$ 補正値を位相検波出力に加算することで以降は $\Delta \theta$ キャンセル、すなわち周波数オフセットキャンセルが実行される。

【0061】 識別/復号部 5 は位相補正後の位相検波出力に対して識別及び復号してデジタルデータを再生して出力端子 6 に出力する。制御部 18 は上記各機能部を制御するもので、記憶手段 8、10 の書き込み、読み出し、演算部 7、9 のタイミング設定、演算の指令等行う。検波出力を A/D 変換し、デジタル回路で構成する。また、検出部 7、補正値決定部 9、制御部 18 はマイクロプロセッサ等の汎用信号処理回路で構成してもよい。 $\Delta \theta$ キャンセル動作の詳細は前述の通りであり、図 9 に示した特性を持つ。

【0062】 以下、デジタルデータの具体的データフォーマットを例に挙げて実施例の動作を説明する。図 10 は識別点が既知の信号としてトレーニング信号を用いたデータフォーマットを示す。同図において、PR はタイミング抽出用のプリアンプル信号 (以下 PR と略称)、UW はフレーム同期用のユニークワード (以下 UW と略称) を、TS はトレーニング信号 (以下 TS と略称) を、Data は通信データを表している。例えば TDMA (時分割多元接続) 方式を用いた場合、先頭部に PR、UW をもつ複数のフレームが時分割に伝送される。予め TS を準備して送受双方の無線機に記憶する。上記実施例において、TS に対応する位相検波出力を参照データとして用いて $\Delta \theta$ の補正を行った後、通信データ Data を受信する。

【0063】 図 10 (a) は TDMA 方式のフレーム毎に TS を挿入してフレーム毎に周波数オフセットキャンセルすなわち位相差 $\Delta \theta$ の補正を行う例であり、図 11 にそのフローチャートを示す。各フレームの先頭受信時に記憶手段 10 を初期化し (11-1)、TS 受信タイ

ミングで照合データと位相検波出力を比較して位相差 $\Delta \theta$ を検出する (11-2)。検出した位相差 $\Delta \theta$ の平均化を行った (11-3) 後に、 $\Delta \theta$ 補正値を決定し (11-4)、Data 受信時に $\Delta \theta$ の補正を実施する (11-6)。従って、Data 受信時には周波数オフセットをキャンセルした信号が識別/復号部 5 に加えられる。ここで TS の挿入位置を PR あるいは UW の前に置くことも考えられるが、同期が確立していないと TS の正しい位置が検出できない点を考慮しなければならない。例えば、前回のフレームでの同期条件を記憶して当該フレームでの TS の位置を予測する。

【0064】 図 10 (b) は初期化のタイミングを変更し、前回で求めた $\Delta \theta$ 補正値を TS 受信直前まで保持する方法である。これにより、PR、UW に対しても周波数オフセットキャンセルを実施でき、受信周期が比較的短くてフレーム間での周波数オフセット量の変動が小さい場合には有効である。図 10 (a)、(b) では、TS を全てのフレームに必要とするため、これによるオーバーヘッドによって実行伝送効率が低下する欠点がある。実行伝送効率が低下を改善するため、図 10 (c) のように複数フレーム毎に TS を挿入する。図 10 (d) は、複数フレームに渡って $\Delta \theta$ 検出を行って $\Delta \theta$ 補正値を微調する例である。

【0065】 <実施例 2> 図 12 及び図 13 はそれぞれ本発明による周波数オフセットキャンセル回路が採用された無線受信機の第 2 の実施例の機能ブロック図及びその動作を示すフローチャートである。図において図 1 の実施例と同一機能部については同じ番号を付し説明を省く。また制御部 18 も省く (以下の実施例についても同じ)。本実施例は図 10 (d) のように、複数フレームに渡って $\Delta \theta$ 検出を行って $\Delta \theta$ 補正値を微調する実施例である。

【0066】 周波数オフセットキャンセル動作のスタート時に初期化を行い (13-2)、 $\Delta \theta$ 補正値記憶手段 10 の内容をクリアする。図 10 (a) で説明した実施例と同様に、TS 受信時に $\Delta \theta$ 検出部 (13-4)、平均化 (13-5) と $\Delta \theta$ 補正値決定 (13-6) を行う。1 回目のフレームでは、記憶手段 10 の $\Delta \theta$ 補正値がクリア (13-2) されているため、加算部 13 での加算は事実上ない。加算の結果を $\Delta \theta$ 補正値として記憶手段 10 に記憶し、図 10 (d) における最初のフレームの Data に対して $\Delta \theta$ 補正、すなわち周波数オフセットキャンセルを行う (13-9)。次回以降のフレームでは再び初期化しない限り、TS 受信時に記憶装置 10 の記憶内容に応じた $\Delta \theta$ 補正が既に実施される。従って、 $\Delta \theta$ 検出部 7 での $\Delta \theta$ 検出は $\Delta \theta$ 補正後の差分が検出される。この結果を用いて $\Delta \theta$ 補正値決定部 9 は平均化を行い、 $\Delta \theta$ 補正値として記憶部 10 に加算部 13 で加算することでフレーム毎に $\Delta \theta$ 補正値の微調 (13-7) が行われる。これは式 (12)、(14) における

n の値、すなわち平均化母数を増すことに相当し、より精密な周波数オフセットキャンセルを行うことになる。以上の実施例において、周波数オフセット量の時間的変化とオフセットキャンセルの追従時間などを考慮してTSの挿入周期やTSの信号長、初期化周期を決定する必要がある。

【0067】<実施例3>図14は、本発明によるオフセットキャンセル回路を用いた無線受信機の第3の実施例の機能ブロック図である。本実施例は、図10

(b)、(c)とほぼ等価な動作をする。図1に示した実施例と異なり、フィードフォワード型の構成である。第1回目のフレームで記憶手段10の $\Delta\theta$ 補正值をクリアする。TSを用いて $\Delta\theta$ 補正值を決定後、 $\Delta\theta$ 補正值を記憶して $\Delta\theta$ 補正を開始する。次フレーム以後はこれを繰返し、TSによる $\Delta\theta$ 補正值決定毎に $\Delta\theta$ 補正值の記憶内容を更新する。これにより、第2フレーム以後は、前フレームでの $\Delta\theta$ 補正值を保持することでPR、UW、TSに対しても $\Delta\theta$ 補正を実施できる。

【0068】TSを用いず既存のフレーム構造を活用して、周波数オフセットキャンセルによる実行伝送効率の低下を防止する実施例を以下に示す。図15はプリアンブル信号PRを利用した実施例のデータフォーマットを示す。図15(a)は図1の周波数オフセットキャンセル回路で、図15(b)に示した実施例は図12の周波数オフセットキャンセル回路でそれぞれ位相補正を実行できる。基本動作は前述のTSを用いる実施例と同様であり、トレーニング信号としてPRを用いることで、周波数オフセットキャンセルを目的とした付加信号TSが不要となる。PR前半部でタイミング抽出した後に $\Delta\theta$ の評価と補正を行うことで周波数オフセットキャンセルを行う。通常のシステムではPRは固定データパターンであり、容易にトレーニング信号として使用できる。条件として、タイミング抽出後に $\Delta\theta$ の評価を行う余裕があるPRの信号長が必要である。PRの信号長が比較的小さい場合には図15(b)に示した複数フレームに渡る $\Delta\theta$ の評価と補正を行うことで対処できる。これは前述のように、複数フレームにわたって $\Delta\theta$ の評価を行うことで、式(12)、(14)におけるnの値、すなわち平均化の母数を増すことによる精度向上を活用する。

【0069】図15(a)に示した実施例とほぼ等価な動作を図14のフィードフォワード型オフセットキャンセル回路で実行可能である。スタート時のみ初期化を行い、次フレームのPR受信時には、 $\Delta\theta$ 検出を実行するとともに前フレームで決定した $\Delta\theta$ 補正を実施する。

【0070】図16は、UWを利用した実施例のデータフォーマット例を示す。システムで予め定められたUWの照合を行い全データが一致するタイミングを基本としてフレーム同期を行う。なお、UW内で複数のビット誤りを許容する場合もあり、システム仕様に依存している。

【0071】<実施例4>図17及び図18はそれぞれ本発明による周波数オフセットキャンセル回路を使用した無線受信機の第4の実施例の機能ブロック図及びその動作を示すフローチャートである。本実施例は図16のデータフォーマットを利用する。初期化(18-1)後、UWが受信されると予想されるタイミングにマージンを与えて複数シンボルに渡って位相検波出力を記憶部14に期應する(18-2)。この時点では $\Delta\theta$ の補正は行っていない。UWを捕捉した時点でフレーム同期が確立する。フレーム同期確立によって、記憶した位相検波出力におけるUWのスタート点が判明する(18-3)。そこで、記憶部14に記憶した位相検波出力とUWの全体又は一部に対応する識別点から、複数シンボルに渡る $\Delta\theta$ 検出を検出部7で行い(18-4)、平均化(18-5)と $\Delta\theta$ 補正值決定(18-6)を補正值決定部9で行う。これを記憶手段10に記憶し(18-8)、補正部11で当該スロットのUW以後の受信信号に対する $\Delta\theta$ 補正(18-9)すなわち周波数オフセットキャンセルを行う。なお、UW直後に通信データが受信される場合が多く、 $\Delta\theta$ 補正值を決定に要する処理時間を考慮してUWの一部を利用するのが現実的である。図16(a)はフレーム毎に上記処理を実施する方法であり、図16(b)は複数フレームに渡って微調を繰り返す方法である。なお、図16(b)の場合は、各フレームにおいて更新すべきかの判定(18-10)、初期化すべきかの判定(18-11)及び加算部13による微調整(18-7)のステップが加わる。いずれの場合もUW信号を確認できずにフレーム同期確立ができなかった時には、 $\Delta\theta$ 検出(18-4)を見合わせる必要がある。

【0072】<実施例5>図19は本発明による周波数オフセットキャンセル回路を使用した無線受信機の第5の実施例の機能ブロック図を示す。本実施例は、フレーム構成が固定のシステムでは、一旦フレーム同期が確立すると次フレームのUWの位置が推定できることを利用し、フレーム同期後に次フレームのUW受信タイミングを予測し、予測したタイミングで $\Delta\theta$ 検出し、平均値と $\Delta\theta$ 補正值を決定する。このまま利用すると、予測したタイミングが誤っていると受信データと照合データの位置にずれが生じた時、求めた $\Delta\theta$ 補正值に意味がないことは明らかである。当該フレームでフレーム同期が維持できた時に、予想したタイミングでUWを受信したか否かを確認し、求めた $\Delta\theta$ 補正值を利用可能か否かを判定する判定部15を $\Delta\theta$ 補正值決定部9の出力側に設ける。そして、予測したタイミングでUWを受信した時のみ $\Delta\theta$ 補正及び微調を実行する。

【0073】<実施例6>図20は本発明による周波数オフセットキャンセル回路を使用した無線受信機の第6の実施例の機能ブロック図を示す。本実施例は、UWを用いた他の実施例で、セクタ16を制御してフレーム

同期前は図 1 7 の回路と同じ動作を行い、フレーム同期後に図 1 9 の回路と同じ動作を行う。

【0074】<実施例 7>図 2 1 は本発明による周波数オフセットキャンセル回路を使用した無線受信機の第 7 の実施例の機能ブロック図を示す。本実施例は、UWを用いた位相検波出力を一旦記憶するもので、フィードフォワード型の構成でフレーム毎に $\Delta\theta$ 補正値を更新し、かつPR及びUWの周波数オフセットキャンセルを実行できる。前フレームで検出した $\Delta\theta$ 補正値を当該フレームでの $\Delta\theta$ 補正値決定直前まで保持する。

【0075】<実施例 8>図 2 2 は本発明による周波数オフセットキャンセル回路を使用した無線受信機の第 8 の実施例の機能ブロック図を示す。本実施例は、UWを用いたUW受信タイミングを予測する他の実施例で、フィードフォワード型の構成でフレーム毎に $\Delta\theta$ 補正値を更新し、かつPR及びUWの周波数オフセットキャンセルを行う。前フレームで検出した $\Delta\theta$ 補正値を当該フレームでの $\Delta\theta$ 補正値決定直前まで保持する。図 2 1、2 2 いずれの実施例も初期化は基本的に周波数オフセットキャンセルのスタート時に行う。

【0076】<実施例 9>図 2 3、図 2 4 及び図 2 5 はそれぞれ本発明による周波数オフセットキャンセル回路を使用した無線受信機の第 9 の実施例の機能ブロック図、それに使用されるデータフォーマット図及びフローチャート図を示す。本実施例は、通信データDataの識別誤りを検出して $\Delta\theta$ 補正を行うか否かを判断し、周波数オフセットキャンセルを行うものである。図 2 4 のデータフォーマット図において、通信データDataに誤り検出符号(ED)を付加する。フレーム内のDataに誤りがなければEDによって確認される。図 2 3 において、 $\Delta\theta$ 補正値決定部 9 の出力側に判定部 1 5 を設け、受信誤りが無い、すなわち識別誤りが無いと時のみDataを用いた $\Delta\theta$ 補正値決定部 9 の出力を選択する。すなわち当該フレームのDataの誤りの有無によって、求めた $\Delta\theta$ 補正値の使用を判定 1 5 する。前述のPRやUWを使用するものと比較してフレーム内のDataのデータ量は一般的に多いため、短時間で多くのサンプルに対する評価が実行でき、図 9 に示したように多数のデータによる $\Delta\theta$ 補正値に関する収束時間の短縮ができる。

【0077】<実施例 1 0>図 2 6 は本発明による周波数オフセットキャンセル回路を使用した無線受信機の第 1 0 の実施例の機能ブロック図を示す。本実施例もDataを利用するもので、フィードフォワード型に構成したものである。本実施例は、識別誤りが無い時に図 2 1 の回路において $\Delta\theta$ 補正値の微調の代わりに更新を行う。当該フレームで識別誤りが発生した場合には、前フレームの $\Delta\theta$ 補正値を保持してそのまま記憶する。

【0078】以上示した実施例の組合せた実施例を次に示す。実効伝送速度の観点からは、PR、UW、TS等

の付加信号を低減することが望ましい。現実のシステムにおいて、初期同期に多くの付加データを与え、同期後の定常状態では同期保持に必要な最小限の付加データを残したデータフォーマットに変更する方法が取られる場合が多い。時間的にフレーム構成が変化する場合の実施例に関するデータフォーマット例を図 2 7 に示す。図 2 7 のデータフォーマットでは、PR信号を同期前後で変更する場合の実施例を示している。図 2 7 (a) は周波数オフセットキャンセルにPRとUWを併用した例を示す。

10 す。これを実行する受信機の基本的な機能ブロックは図 1 9 又は図 2 0 となる。タイミング抽出時でPRが長い時は、PRを用いて $\Delta\theta$ 補正値を求めて $\Delta\theta$ 補正を開始する。その同一フレーム内でUWを用いて $\Delta\theta$ 補正値を微調する。この結果として短時間で $\Delta\theta$ 補正すなわち周波数オフセットキャンセルの精度を高めることができる。タイミング抽出が確立するとタイミング保持に必要なPR長を短縮してDataを増す。この状態に入ると、UWのみを用いて $\Delta\theta$ 補正値の微調を繰り返す。これを実行する受信機の基本的な機能ブロック図は図 1 7、1 9、2 0 のものと同様である。PRとUWのいずれを使用するか状況に応じて、記憶手段 8 の照合データの切替え、判定部 1 5 やセクタ 1 6 を制御することで達成できる。

【0079】<実施例 1 1>図 2 8 は本発明による周波数オフセットキャンセル回路を使用した無線受信機の第 1 1 の実施例の機能ブロック図を示す。本実施例は、図 2 7 (b) に示すPRとDataを併用したデータフォーマットを用い、初期状態ではセクタ 1 7 を制御して初めにPRを用いて $\Delta\theta$ 補正値を求めて $\Delta\theta$ 補正を行い、次に同一フレーム内でDataを用いて $\Delta\theta$ 補正値の微調を実行する。すなわちタイミング抽出が確立して定常状態に入ると、セクタ 1 7 を制御してDataを用いた $\Delta\theta$ 補正値の微調を繰り返す。

【0080】<実施例 1 2>図 2 9 及び図 3 0 はそれぞれ本発明による周波数オフセットキャンセル回路を使用した無線受信機の第 1 2 の実施例に使用されるデータフォーマット図及び無線受信機の機能ブロック図を示す。本実施例は本発明の周波数オフセットキャンセル回路と図 5 に示した従来例としてフィードフォワード方式の周波数オフセットキャンセル回路とを併用するものである。識別誤りが発生すると従来例では $\Delta\theta$ 補正値に定常的な誤差が生じることを前述した。しかし、識別誤りの発生頻度が低ければ定常誤差が少ないことも既に述べた。ここまで述べた実施例を用いることで $\Delta\theta$ 補正を実行した後の位相検波信号に関する識別誤りが低減できることから、 $\Delta\theta$ 補正後の位相検波信号に対して従来のフィードフォワード方式を適用可能となる。前述の各実施例においては、各フレームの先頭部の位相検波信号から求めた $\Delta\theta$ 補正値、あるいは前回までのフレームで求めた $\Delta\theta$ 補正値を使用している。従って、フレーム内での

周波数オフセット変動量が大きいと追従できない場合が起こりうる。フレーム内の Data 受信中に従来例として示したフィードフォワード方式を用い、比較的短いデータ数で $\Delta\theta$ 補正の微調を実行することで周波数オフセット変動に対応することができる。

【0081】以上本発明の本実施例について述べたが、本発明は上記実施例に限定されるものでない。また、実施例の組合せに関しては、個々に示した以外にも複数ありうることは明白であり、個々の基本構成例の特性は前述の通りであるので説明を省く。

【0082】

【発明の効果】本発明によれば、周波数オフセットに伴う位相検波出力の位相シフト量の評価に際して、識別誤りを考慮して実行するため、周波数オフセットキャンセル能力を高める効果がある。本発明では位相検波出力に対する位相シフト量の補正で等価的に周波数オフセットキャンセル行う。対象とする位相検波出力の信号周波数が無線周波数帯とは異なり比較的低周波であることから、デジタル化による集積化に適し、装置の小型化への効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による周波数オフセットキャンセル回路を用いた無線受信機の第1の実施例の機能ブロック図

【図2】従来の無線受信機の機能ブロック図

【図3】従来の周波数オフセットキャンセル回路をもつ無線受信機の機能ブロック図

【図4】QPSK位相検波出力コンスタレーション図

【図5】従来の周波数オフセットキャンセル回路をもつ無線受信機の機能ブロック図

【図6】位相差 $\Delta\theta$ の確率密度分布図

【図7】識別誤り発生時の $\Delta\theta$ 測定値の確率密度分布図

【図8】従来技術の問題を説明するための周波数オフセット対BER特性図

【図9】本発明による $\Delta\theta$ 測定回数対BER特性図

【図10】本発明の周波数オフセットキャンセル回路の実施例に使用されるトレーニング信号(TS)を用いたデータフォーマット図

【図11】本発明による周波数オフセットキャンセル回路をもつ無線受信機の第1の実施例の動作を示すフローチャート

【図12】本発明による周波数オフセットキャンセル回路をもつ無線受信機の第2の実施例の機能ブロック図

【図13】本発明による周波数オフセットキャンセル回路をもつ無線受信機の第2の実施例の動作を示すフローチャート

【図14】本発明による周波数オフセットキャンセル回路をもつ無線受信機の第3の実施例の機能ブロック図

【図15】本発明の周波数オフセットキャンセル回路をもつ実施例に使用されるプリアンプ(PR)を用いたデータフォーマット図

【図16】ユニークワード(UW)を用いた周波数オフセットキャンセル回路をもつ実施例のデータフォーマット図

【図17】発明による周波数オフセットキャンセル回路をもつ無線受信機の第4の実施例の機能ブロック図

【図18】発明による周波数オフセットキャンセル回路をもつ無線受信機の第4の実施例の動作を示すフローチャート

10 【図19】本発明による周波数オフセットキャンセル回路をもつ無線受信機の第5の実施例の機能ブロック図

【図20】本発明による周波数オフセットキャンセル回路をもつ無線受信機の第6の実施例の機能ブロック図

【図21】本発明による周波数オフセットキャンセル回路をもつ無線受信機の第7の実施例の機能ブロック図

【図22】本発明による周波数オフセットキャンセル回路をもつ無線受信機の第8の実施例の機能ブロック図

【図23】本発明による周波数オフセットキャンセル回路をもつ無線受信機の第9の実施例の機能ブロック図

20 【図24】本発明による周波数オフセットキャンセル回路をもつ無線受信機の第9の実施例に使用されるデータフォーマット図

【図25】本発明による周波数オフセットキャンセル回路をもつ無線受信機の第9の実施例のフローチャート

【図26】本発明による周波数オフセットキャンセル回路をもつ無線受信機の第10の実施例の機能ブロック図

【図27】時間的にフレーム構成が変化する場合の実施例に関するデータフォーマット

【図28】本発明による周波数オフセットキャンセル回路をもつ無線受信機の第11の実施例の機能ブロック図

30 【図29】本発明による周波数オフセットキャンセル回路をもつ無線受信機の第12の実施例に使用されるデータフォーマット図

【図30】本発明による周波数オフセットキャンセル回路をもつ無線受信機の第12の実施例の機能ブロック図

【符号の説明】

1：入力端子

2：ミキサ

3：局部発振器

4：位相検波器

40 5：識別／復号器

6：出力端子

7、7a、7b： $\Delta\theta$ (位相シフト量) 検出部

8：照合データ記憶手段

9、9a、9b：平均化/ $\Delta\theta$ 補正值決定部

10、10a、10b： $\Delta\theta$ 補正值記憶手段

11、11a、11b：加算($\Delta\theta$ 補正)部

12：周波数制御部

13：加算($\Delta\theta$ 補正值微調)部

14： θ (位相検波出力) 記憶手段

50 15：判定

16、17:セレクト

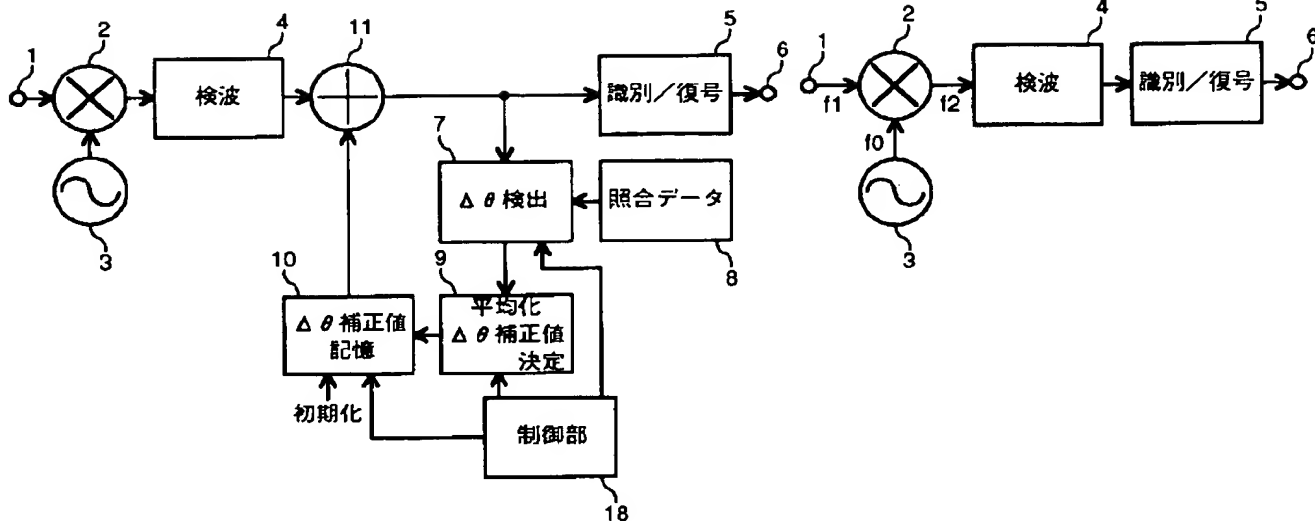
18:制御部

【図1】

【図2】

図1

図2

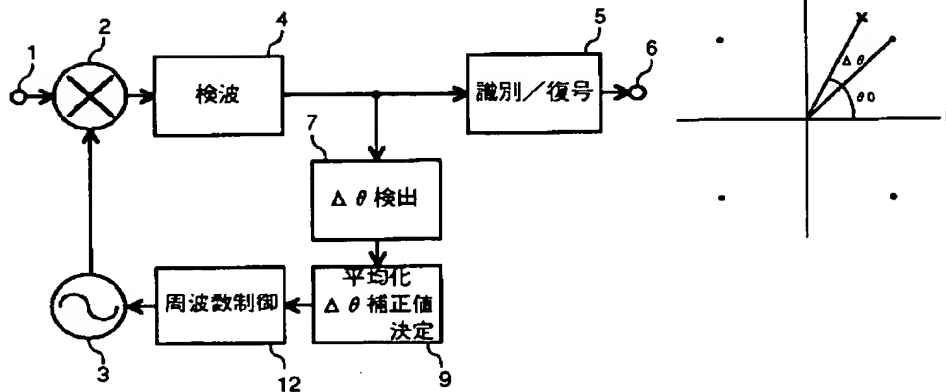


【図3】

【図4】

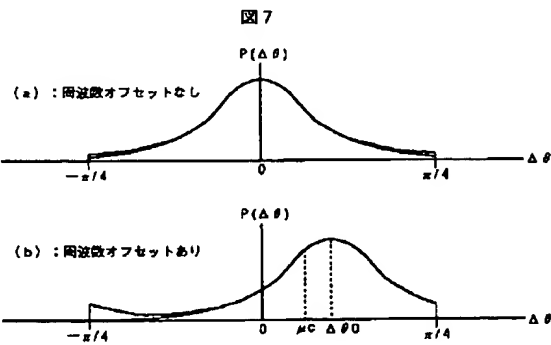
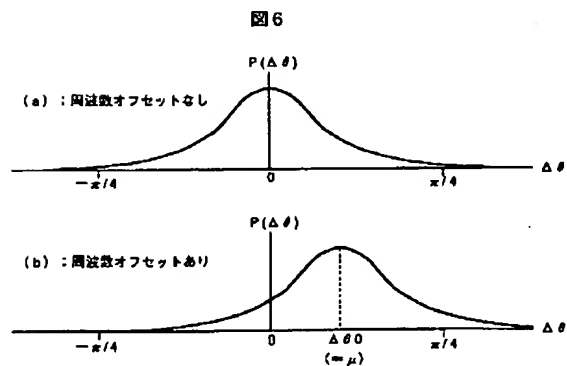
図3

図4



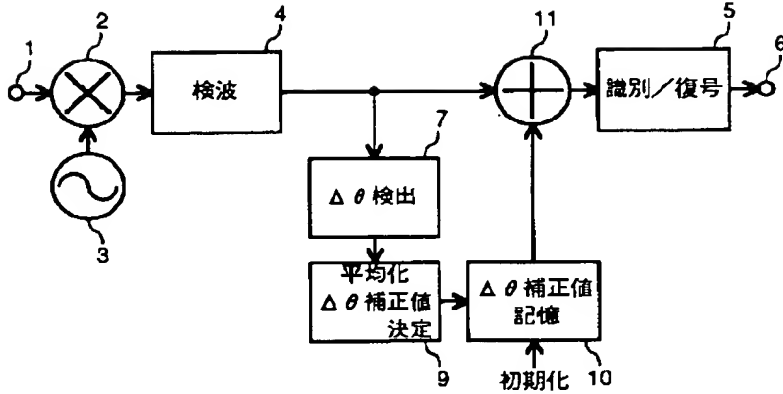
【図6】

【図7】



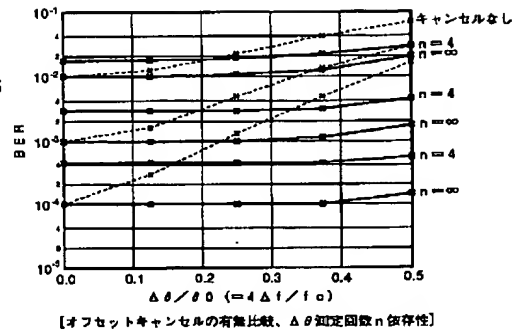
【図5】

図5



【図8】

図8

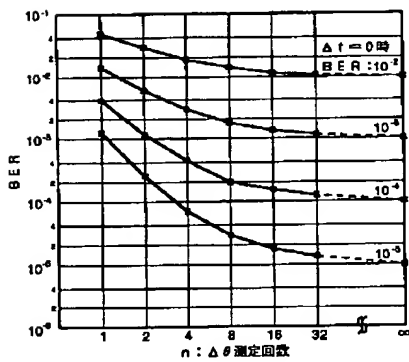


【図13】

図13

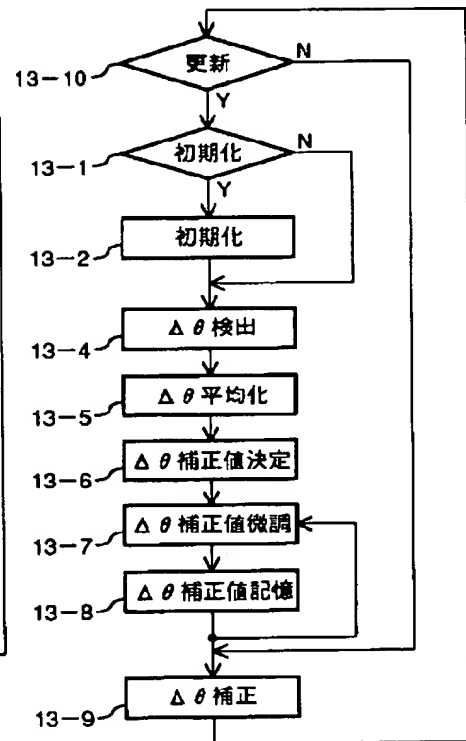
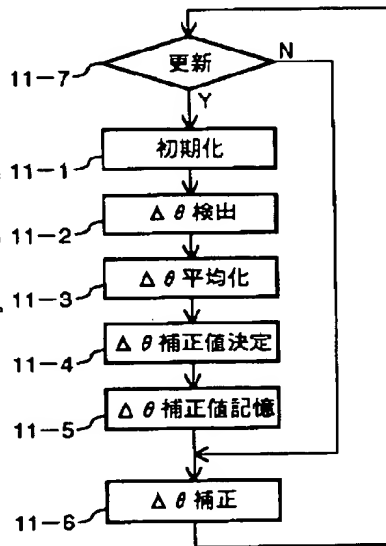
【図9】

図9



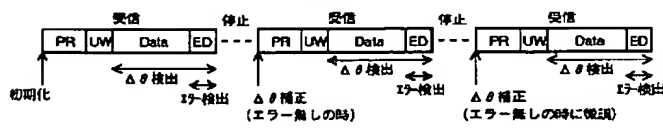
【図11】

図11



【図24】

図24



【図29】

図29

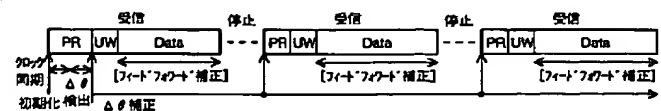


图 10

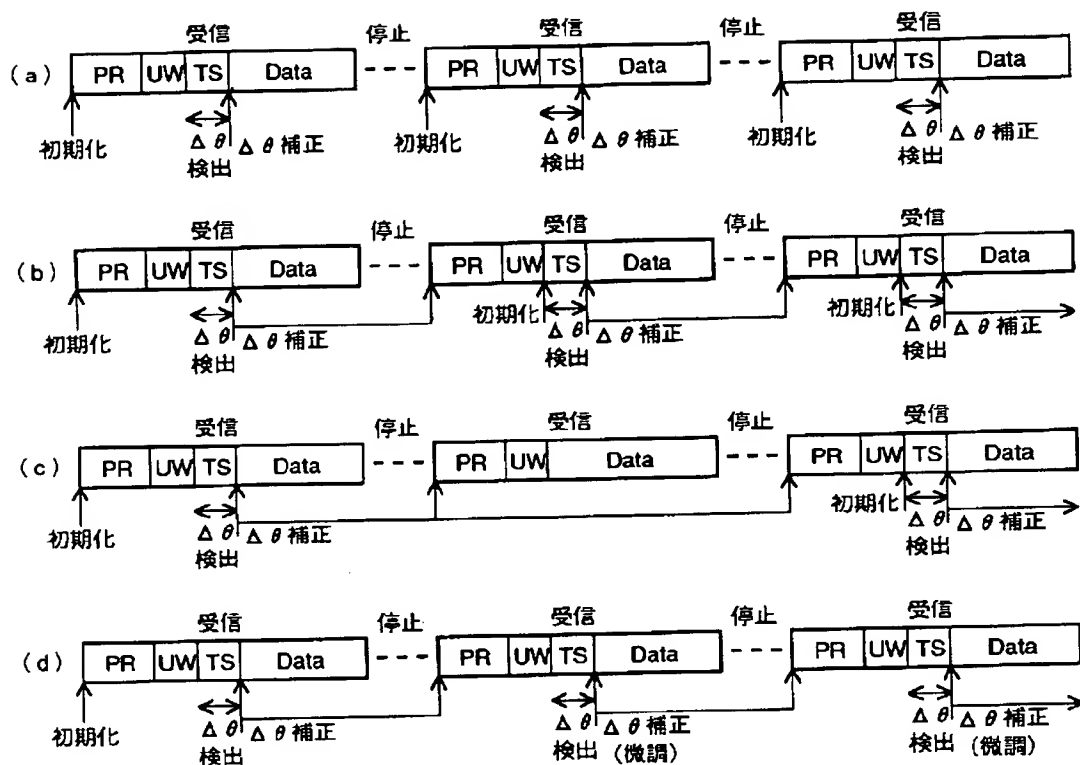
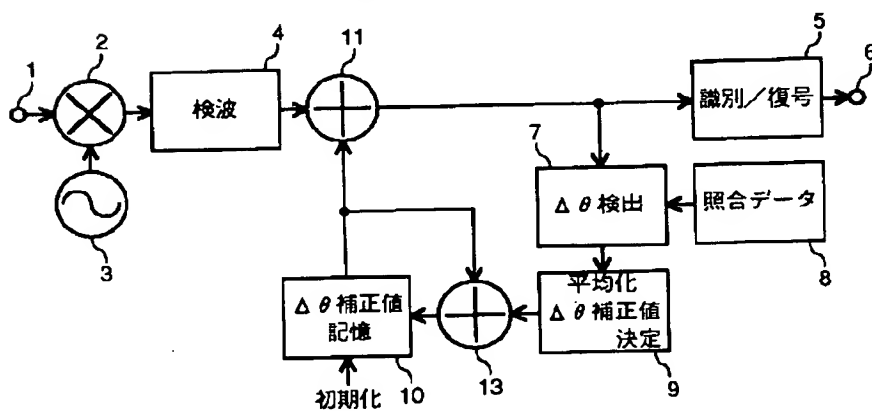
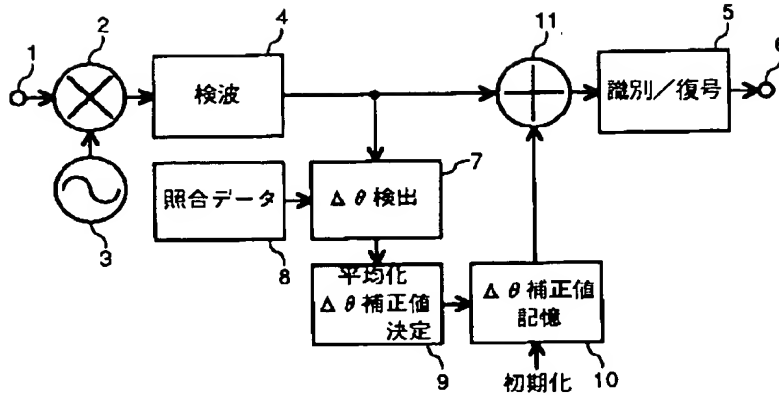


图 1 2



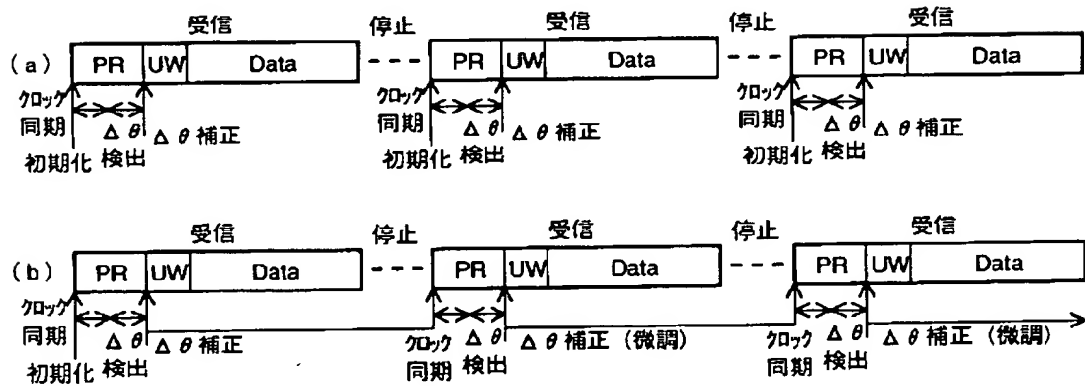
【図 14】

図 14



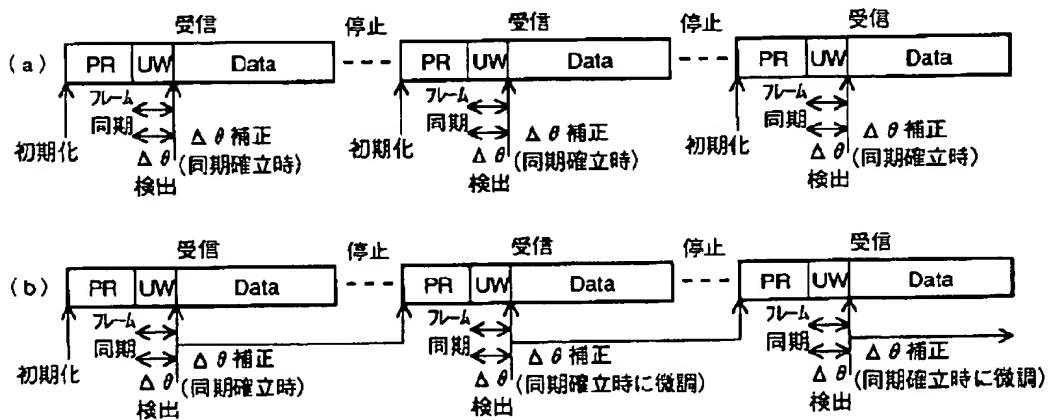
【図 15】

図 15



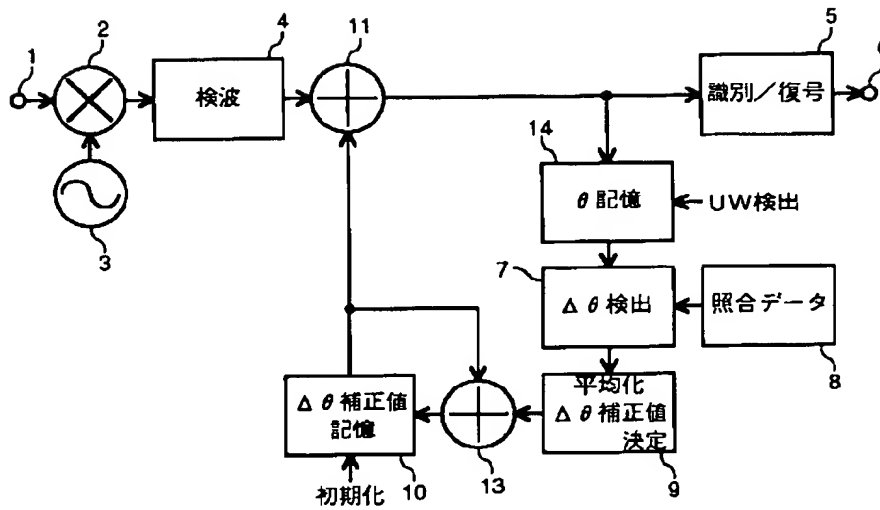
【図 16】

図 16



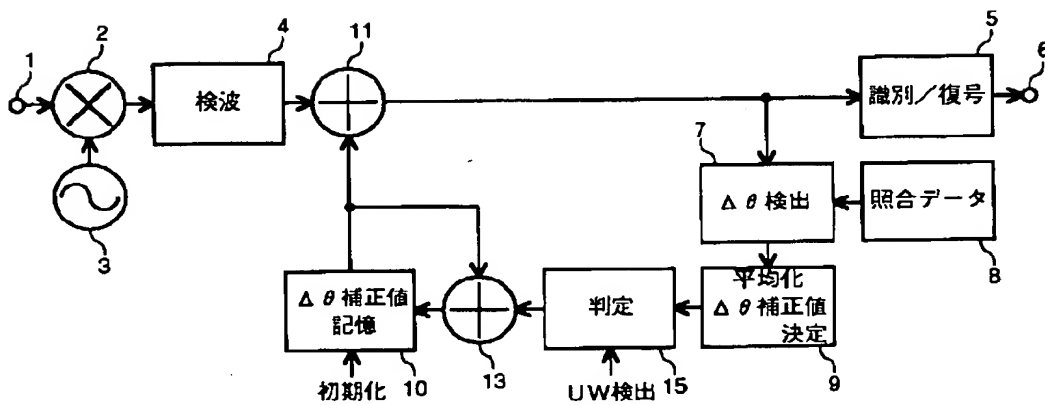
【図17】

図17



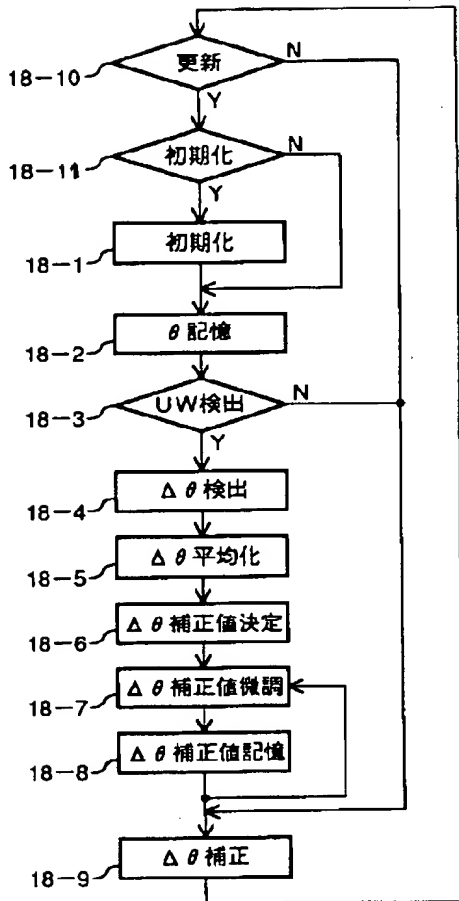
【図19】

図19



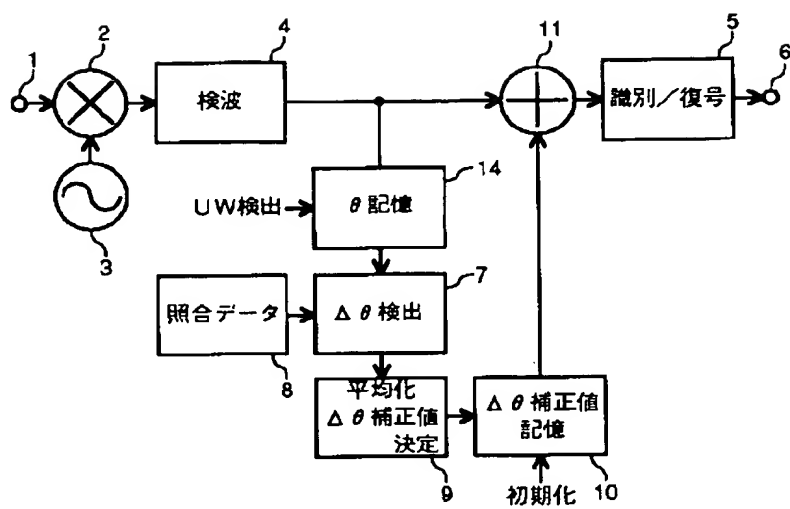
【図18】

図18



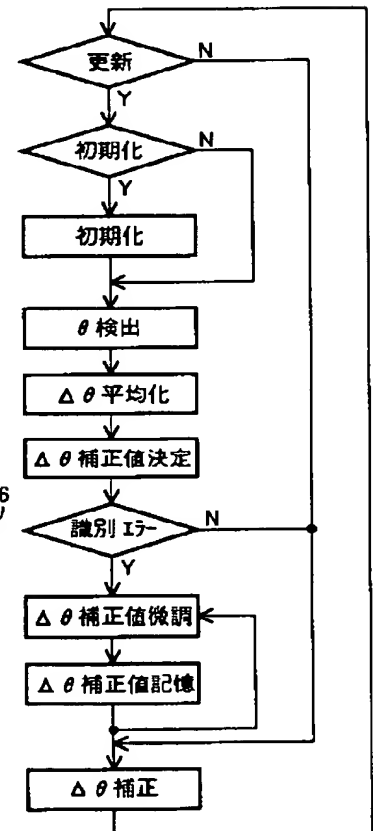
【図21】

図21



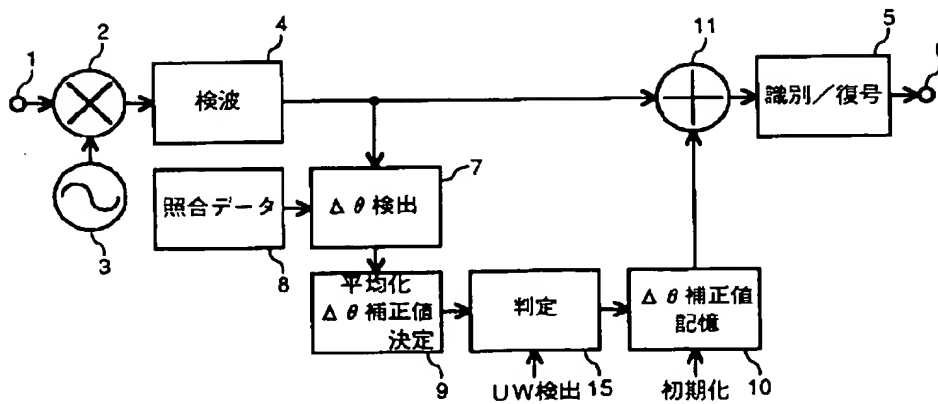
【図25】

図25



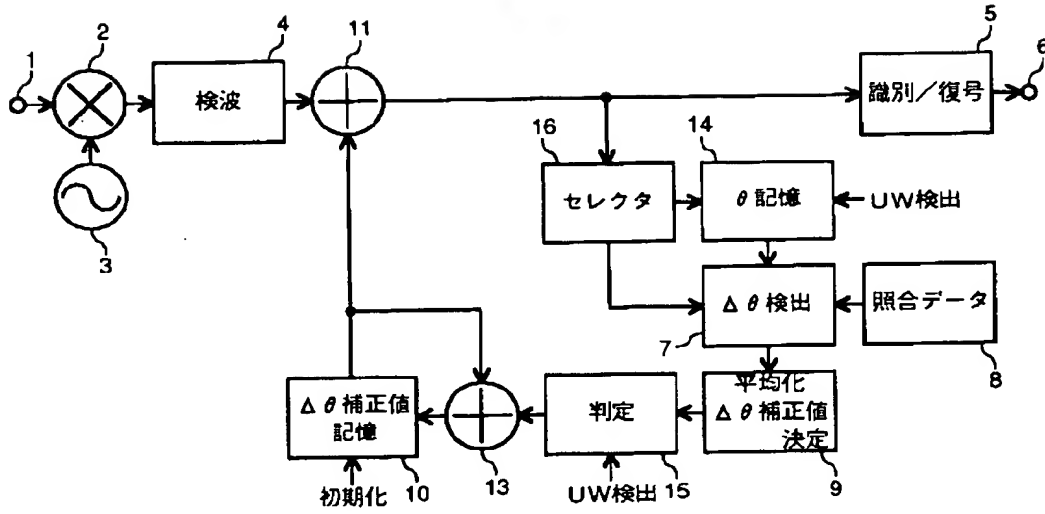
【図22】

図22



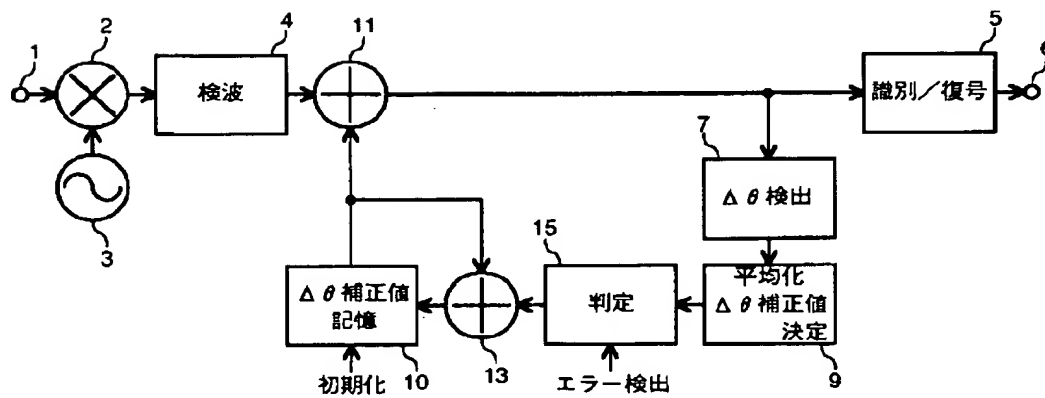
【図 20】

図 20



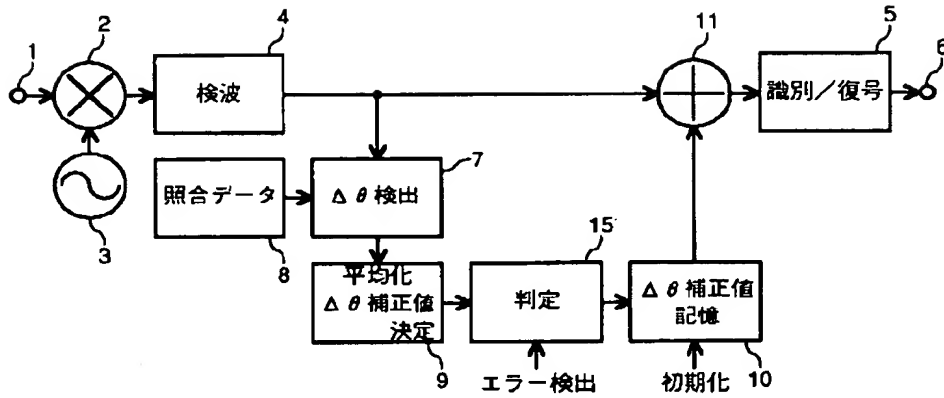
【図 23】

図 23



【図 2 6】

図 2 6



【図 2 7】

図 2 7

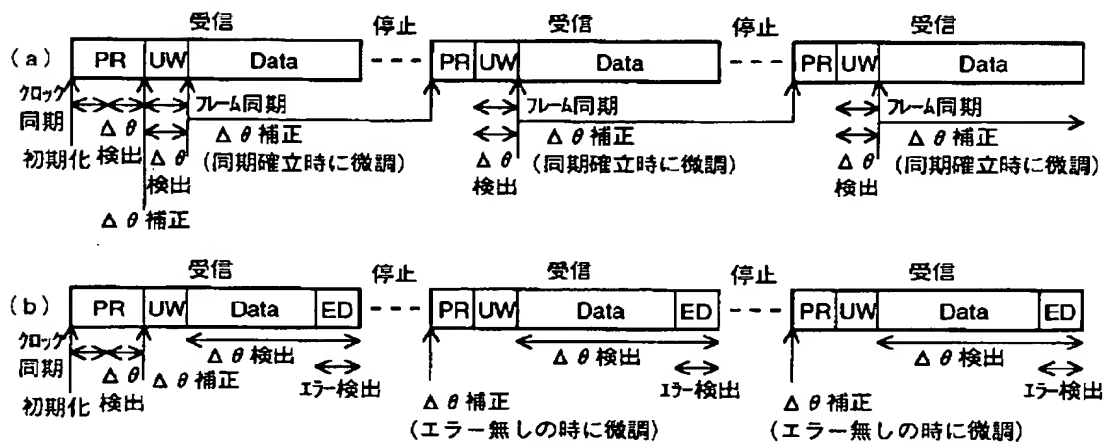


图 28

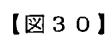
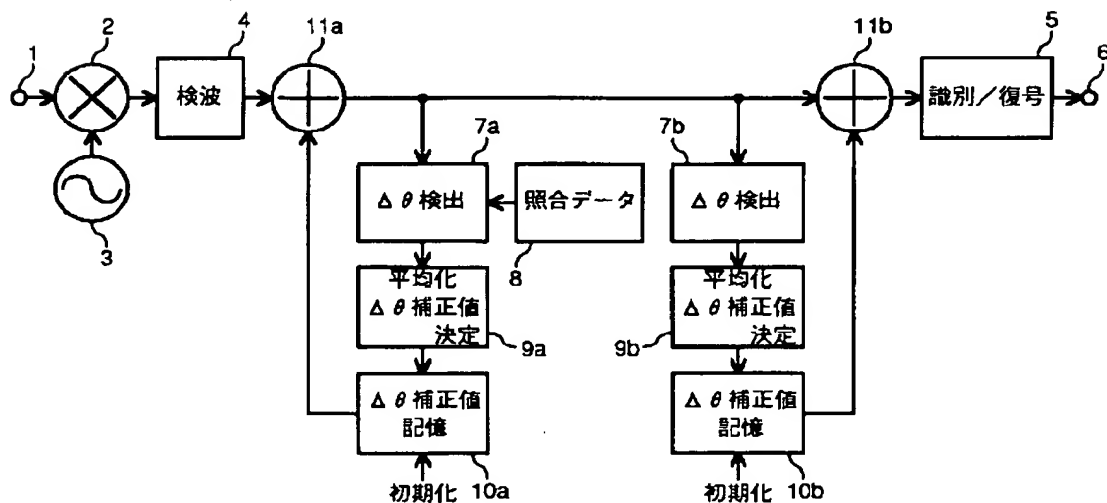


图 30



(72) 発明者 赤塚 邦昭
神奈川県横浜市戸塚区戸塚町216番地 株
式会社日立製作所情報通信事業部内

(72) 発明者 濱田 克徳
東京都港区虎ノ門二丁目10番1号 エヌ・
ティ・ティ移動通信網株式会社内